

## ПОВЕРХНОСТНОЕ НАТЯЖЕНИЕ ЖИДКОЙ СТАЛИ 110Г13Л

Синицин Н.И.\*, Чикова О.А., Вьюхин В.В.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [nikolaisinitsin1990@yandex.ru](mailto:nikolaisinitsin1990@yandex.ru)

## THE SURFACE TENSION OF LIQUID STEEL 110G13L

Sinitsin N.I.\*, Chikova, O.A. V'yukhin V.V.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The original experimental data on the surface tension of 110G13L liquid steel are presented. The measurement results are discussed in the framework of modern concepts of physical chemistry of metal melts on the laws of microheterogeneity evolution under temperature change.

Существующая технология изготовления литых деталей из высокомарганцевой, аустенитной, износостойкой стали 110Г13Л (сталь Гадфильда) [1] не позволяет получить стабильно высокие механические свойства. Нужно изучить структурно чувствительные свойства жидкой стали 110Г13Л (в т.ч. поверхностное натяжение) в контексте представлений о микрогетерогенности. Поверхностное натяжение жидкой стали 110Г13Л измеряли методом большой капли [2] в режиме нагрева и последующего охлаждения образца в инертной атмосфере. Профиль исследуемой капли снимали цифровой фотокамерой с копированием изображения на компьютер, геометрические размеры профиля капли определяли с помощью программы анализа изображений SIAMS 700 с точностью 0,3-0,6 градусов. Погрешность определения значений поверхностного натяжения определяющая разброс точек в ходе одного опыта, при доверительной вероятности  $p=0,95$  не превышала 1,5%. Результаты измерения поверхностного натяжения жидкой стали 110Г13Л представлены на рис. 1 и согласуются в режиме охлаждения с литературными данными для расплавов Fe-Mn [3]. Обращает внимание аномальный ход и расхождение температурных зависимостей поверхностного натяжения, полученных при нагреве и охлаждении (гистерезис) в интервале температур от 1680 до 1780К.

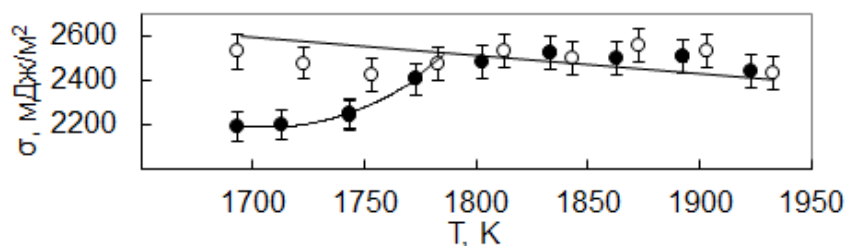


Рис. 1. Температурная зависимость поверхностного натяжения расплава стали 110Г13Л ● - нагрев, ○ - охлаждение

В интервале температур от 1680 до  $T_0=1780\text{K}$  значение температурного коэффициента поверхностного натяжения  $\frac{d\sigma}{dT} > 0$ , что является аномальным для металлических расплавов. Известно [4]:  $\frac{d\sigma}{dT} = \left(\frac{d\sigma}{dT}\right)_1 + \left(\frac{d\sigma}{dT}\right)_2 + \left(\frac{d\sigma}{dT}\right)_3$ , где  $\left(\frac{d\sigma}{dT}\right)_1 = \frac{1}{\omega} \sum x_i^\omega \bar{\omega}_i \frac{d\bar{\sigma}_i}{dT}$  учитывает изменение с температурой работы выхода компонентов из глубины раствора в поверхностный слой, отнесенный к единице поверхности;  $\left(\frac{d\sigma}{dT}\right)_2 = \frac{1}{\omega} \sum x_i^\omega (\sigma - \bar{\sigma}_i) \frac{d\omega_i}{dT}$  – изменение парциально-молярных площадей вследствие теплового расширения;  $\left(\frac{d\sigma}{dT}\right)_3 = \frac{1}{T\omega} \sum x_i^\omega \bar{\omega}_i (\sigma - \bar{\sigma}_i)$  – изменение адсорбции компонентов. Величины  $\left(\frac{d\sigma}{dT}\right)_1$  и  $\left(\frac{d\sigma}{dT}\right)_2$  – отрицательны, причем  $\left(\frac{d\sigma}{dT}\right)_1$  вдали от критической температуры (температуры плавления) постоянна. Второй отрицательный член  $\left(\frac{d\sigma}{dT}\right)_2$  сравнительно мал по абсолютной величине. Слагаемое  $\left(\frac{d\sigma}{dT}\right)_3$  положительно и с понижением температуры возрастает, поэтому в общем случае для раствора имеется температура  $T_0$ , при которой  $-\left(\frac{d\sigma}{dT}\right)_3 = \left(\frac{d\sigma}{dT}\right)_1 + \left(\frac{d\sigma}{dT}\right)_2$ . Таким образом, аномальное поведение поверхностного натяжения при нагреве образца (положительные значения  $\frac{d\sigma}{dT}$ ) объясняется положительным значением величины  $\left(\frac{d\sigma}{dT}\right)_3$  и ее увеличением при снижении температуры. При охлаждении образца значение  $\frac{d\sigma}{dT} \leq 0$ . Согласно [5] величина  $-\frac{d\sigma}{dT}$  – удельная поверхностная энтропия, т.е. разность энтропии поверхностного слоя и объёмной жидкости.

1. Давыдов Н.Г. Высокомарганцевая сталь, Металлургия (1979)
2. Директор Л.Б., Зайченко В.М., Майков И.Л. Теплофизика высоких температур, 48,193-197(2010)
3. Попель С.И., Царевский Б.В., Джемилев Н.К. Физика металлов и металловедение, 18, 468-470 (1964)
4. Попель С.И. Поверхностные явления в расплавах, Металлургия(1994)
5. Сумм Б.Д. Вестник МГУ. Сер. 2. Химия, 400-405(1999)